

На правах рукописи

631.8:632.93:631.491:633.34:631.445.4

**Чудоквасов
Алексей Анатольевич**

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ
И СОИ ПО МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ
НА ОПОДЗОЛЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ЦРНЗ**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре агрохимии и агроэкологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

- Научный руководитель:** **Титова Вера Ивановна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
- Официальные оппоненты:** **Федотова Людмила Сергеевна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, лаборатория агрохимии и биохимии, главный научный сотрудник
Макаров Вячеслав Иванович,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра агрохимии и почвоведения, доцент
- Ведущая организация:** Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства – филиал ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН»

Защита диссертации состоится «17» декабря 2020 г. в 16.00 час. на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова» и на сайте: <http://www.vniia-pr.ru/diss/diss-chudokvasov-15-09-2020.pdf>.

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Продовольственная безопасность для любого государства – это одна из основных его задач (Кулик, 2017). Причем важным в этом направлении является не только обеспечение населения страны собственными продуктами питания и кормами для животноводства, но и развитие экспортного потенциала агропромышленного комплекса страны применительно к культурам, традиционно возделывавшимся на её территории (Яковенко с соавт., 2018). К таким культурам, безусловно, относится картофель, используемый в нашей стране во многих направлениях: как продукт питания, корм для скота и сырье для отдельных отраслей промышленности. Важнейшим в этом направлении является обеспечение необходимых валовых сборов за счет повышения урожайности картофеля при сохранении высокого качества продукции.

В свою очередь известно, что урожайность любой культуры обеспечивается сочетанием множества факторов, среди которых нельзя не назвать погодные условия, семенной материал, технологии возделывания с использованием высокопроизводительной техники, обеспечение питания растений и защиты их от вредителей и болезней. Все эти вопросы должны решаться в комплексе, имея целью получение высококачественной и безопасной продукции при сохранении качества и безопасности основного производственного ресурса агропромышленного комплекса – почвы (Масютенко с соавт., 2014; Соколов с соавт., 2015; Семенов с соавт., 2016).

Кроме традиционных для центральных районов Нечерноземной зоны культур, в последние годы в хозяйства региона внедряется соя – перспективная культура, используемая как источник растительного белка и масла, а также для биотоплива. В севообороте эта культура часто идет вслед за картофелем, что предопределяет согласованность для них систем удобрения и защиты растений. В этой связи в технологию их возделывания следует включать только такие приемы, которые будут оптимальными для обеих культур. При этом необходимо учитывать, что наиболее поддающимся регулированию при выборе технологии выращивания культур являются удобрения, обеспечивающие до 40% формирования урожая. Именно применение минеральных удобрений обоснованно признано важнейшим звеном любой технологии, что подтверждается на разных уровнях (Сычев с соавт., 2016).

Степень разработанности темы. Публикаций по вопросам удобрения картофеля в литературе очень много, но большая часть их основана на констатации обязательности присутствия в системе удобрения применения органических удобрений. Однако в реальных условиях агропромышленного комплекса страны далеко не во всех хозяйствах есть местные органические удобрения. В таких условиях культуры выращиваются исключительно на минеральной системе с редким использованием в севообороте сидератов в качестве органической составляющей системы удобрения. Такая ситуация характерна для картофелеводческих хозяйств промышленного типа, ориентированных на производство картофеля разных сортов спелости и реализацию продукции в течение всего календарного года. К тому же такая технология выращивания картофеля требует очень продуманной, научно-обоснованной системы защиты растений, т.к. остаточные количества пестицидов, используемых в технологиях возделывания картофеля, не должны быть токсичными для последующих культур, в данном случае – сои.

Результатов исследований на картофеле и сое в таком ракурсе значительно меньше, что и явилось основанием для постановки опытов по теме диссертационной работы.

Цель и задачи исследований. Цель исследования состоит в оценке отзывчивости столовых сортов картофеля разных групп спелости на минеральные удобрения при выращивании его с использованием современных биопрепаратов и агрохимикатов на фоне комплекса мероприятий по защите растений от вредителей, болезней и сорняков, а также оценке влияния удобрений на продуктивность сои, возделываемой после картофеля.

В задачи исследования входили:

- оценка влияния полного минерального удобрения, внесенного в дозе $N_{120}P_{156}K_{156}$ при нарезке гребней, на показатели продуктивности и качество клубней при выращивании картофеля разных групп спелости (раннеспелые сорта Винета, Лабелла; среднепоздний сорт Гранада) по голландской технологии на фоне комплекса мероприятий по защите посевов от вредителей, болезней и сорняков;

- изучение действия хлористого калия, внесенного под осеннюю вспашку почвы в дозе 120 кг калия в расчете на 1 га, на урожайность сортов картофеля, качество клубней и сбор крахмала с урожаем;

- определение эффективности использования минеральных удобрений под картофель разных групп спелости в опыте и производственных условиях;

- установление тенденций в динамике агрохимических показателей оподзоленного чернозема и оценка его устойчивости к антропогенному воздействию в процессе активного земельного использования при исключительно минеральной системе удобрения культур;

- определение доз внесения минеральных удобрений под сою, которая высевается после картофеля, выращиваемого по интенсивной минеральной системе удобрения, с учетом последствия ранее внесенных удобрений;

- разработка технологии наращивания плодородного слоя почвы на полях хозяйства, подверженных проявлению карста.

Научная новизна

Впервые в полевых опытах изучена возможность выращивания высокопродуктивных сортов картофеля немецкой селекции (Винета, Лабелла, Гранада) на тяжелосуглинистом оподзоленном черноземе Нижегородской области при интенсивной минеральной системе удобрения (сумма NPK 432 и 552 кг/га) на фоне комплекса средств защиты растений, агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Установлены закономерности и направленность влияния осеннего внесения хлористого калия (120 кг/га) по фону весеннего внесения удобрений в дозе $N_{120}P_{156}K_{156}$ при нарезке гребней на урожайность, показатели продуктивности, содержание и сбор крахмала, а также безопасность продукции (по содержанию NO_3 в клубнях).

В микрополевым опыте в производственных условиях установлена доза минеральных удобрений под сою сорта Самер 1 с учетом последствия удобрений в дозе $N_{120}P_{200}K_{270}$, внесенных под предшествующую культуру.

Выявлено, что минеральная система удобрения с насыщенностью по действующему веществу в среднем по хозяйству за 2009-2019 гг. в 240 кг/га способствует повышению содержания доступных форм основных элементов питания и сохране-

нию основных физико-химических показателей в параметрах, свойственных оподзоленным черноземам Нечерноземной зоны.

Оценена экономическая эффективность и окупаемость использования очень высоких доз минеральных удобрений урожаем высокоинтенсивных сортов картофеля.

Практическая значимость работы. Результаты исследований явились основанием для разработки технологии выращивания картофеля интенсивной селекции на исключительно минеральной системе удобрения, при использовании микробиологического препарата Экстрасол с комплексом ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 для предпосадочной обработки клубней, применения жидких органоминеральных удобрений Изабион и Агрис Фосфор во внекорневую подкормку, на фоне комплекса средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков (инсектофунгицид Селест Топ; гербицид Зенкор Ультра; фунгициды Консенто, Акробат, Ревус Топ и Зуммер; десикант Реглон Форте). Технология используется в ООО «Латкин» Арзамасского района Нижегородской области на площади в 450-650 га ежегодно, а также в соседнем картофелеводческом хозяйстве ООО «Жнива» на площади 400-570 га.

Основные положения работы используются в учебных курсах Нижегородской ГСХА по агрохимии и системе удобрений, а также при разработке программ повышения квалификации для сельхозтоваропроизводителей.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на системном подходе к выбору задач для достижения поставленной цели с учетом публикаций отечественных и зарубежных ученых. В работе использованы эмпирические методы исследований (полевой и микрополевой опыты, агрохимическое обследование и лабораторный анализ), теоретические (дисперсионный анализ и метод вариационной статистики), а также цифровое и текстовое отображение полученных результатов.

Достоверность экспериментальных данных и результатов их обобщения и анализа подтверждается количеством наблюдений и учетов, выполненных согласно программе исследований, а также данными статистической обработки.

Основные положения, выносимые на защиту

- полное минеральное удобрение в дозе $N_{120}P_{156}K_{156}$ при нарезке гребней позволяет получить урожайность раннеспелого картофеля Лабелла на уровне 33-40 т/га, среднепозднего сорта Граната – на уровне 34-50 т/га;

- внесение хлористого калия под зяблевую обработку почвы способствует повышению урожайности картофеля и сбора крахмала с единицы площади;

- под сою, высеваемую после картофеля, выращиваемого по интенсивной минеральной системе, удобрения следует вносить с соотношением 1,5:1,0:1,0 при дозе азота в 85 кг/га;

- минеральная система удобрения, используемая в хозяйстве, при которой доза внесения NPK под картофель варьирует от 415 до 590 кг/га, а насыщенность в севообороте «озимая пшеница – яровая пшеница – картофель – соя» составляет 240 кг/га, на фоне комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий позволяет поддерживать плодородие оподзоленного чернозема на высоком уровне.

Апробация и публикация результатов исследований

Результаты исследований заслушивались на конференциях аспирантов и научно-педагогических работников Нижегородской ГСХА (2017-2020 гг.).

Материалы, вошедшие в диссертацию, были доложены на ежегодных научно-практических конференциях факультета агрохимии, агроэкологии и почвоведения Нижегородской ГСХА (2017-2019 гг.), а также представлены на международной научно-практической конференции «Теоретические и технологические основы био-геохимических потоков веществ в агроэкосистемах» (Ставрополь: СтГАУ, 2018). Общее количество опубликованных работ представлено 6 наименованиями (личное участие оценивается в 2,6 усл. печ. л., или 68% общего объема), в том числе в журналах из списка ВАК РФ опубликовано 4 работы, в сборнике трудов – 1 работа.

Личный вклад автора. Соискателем лично предложена общая концепция и разработана программа исследований, сделаны теоретические обобщения результатов опытов, подготовлены заключение, выводы по работе и предложения производству. В проведении экспериментов соискатель принимал участие как организатор и соисполнитель, самостоятельно осуществлял отбор проб и готовил образцы к анализу.

Работа выполнена в период обучения автора в очной аспирантуре по специальности 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки). Исследования проведены в соответствии с тематическим планом научных исследований факультета почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА» по теме «0120.0805767– Изучение удобрительной ценности традиционных удобрений при длительном их использовании в севообороте и оценка возможности применения в качестве источника минерального питания растений органосодержащих отходов народного хозяйства и нетрадиционных удобрительных материалов».

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 147 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, главы «Объекты, условия и методы проведения исследований», 4^х результативных глав, заключения, выводов, рекомендаций производству, списка использованной литературы и приложений. В работе имеется 26 таблиц, 12 рисунков, 9 приложений. Список литературы включает 201 наименование, в том числе 21 – на иностранных языках.

Благодарности. Автор благодарен научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Вере Ивановне Титовой за методическую помощь и научные консультации по теме исследований, а также всем сотрудникам кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА за постоянную поддержку и помощь в проведении аналитических исследований. Особую благодарность выражаю директору хозяйства, Евгению Евгеньевичу Латкину, за профессиональное доверие, разрешение на проведение экспериментов и помощь в их организации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Обзор источников литературы

Результатом рассмотрения публикаций по вопросам удобрения картофеля явилось заключение о том, что как дозы, так и формы удобрений, а также систему защиты культуры от вредителей, болезней и сорняков следует подбирать для каждого сорта картофеля, учитывая цели выращивания, планируемую урожайность, почвенно-климатические условия и даже планируемую себестоимость продукции. Реше-

ние о выращивании сои также должно приниматься с учетом её биологических особенностей и почвенно-климатических условий будущего места произрастания, но эффективность возделывания в очень большой степени будет обеспечиваться грамотно составленной системой питания растений.

Объекты, условия и методы проведения исследований

Основные исследования по теме диссертации проведены в период с 2014 по 2019 гг. на территории Арзамасского района Нижегородской области, а также на кафедре агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА.

Территория хозяйства, где проведены основные исследования, относится к IV агроклиматическому району Нижегородской области, характеризующемуся умеренно тёплым и незначительно засушливым климатом, ГТК равен 1,2. Среднегодовая температура составляет $+3,2^{\circ}$, сумма температур выше 10° за год равна $2100-2200^{\circ}$, сумма осадков – 450-500 мм/год, в том числе за тёплый период – 334 мм. Геологически территория относится к Теша-Мокшинской лесостепи с платообразной холмисто-увалистой возвышенностью, получившей в ряде публикаций название «Арзамасское плато», где широкое распространение имеют карстовые явления. Наиболее характерные проявления карста здесь – провалы, оседания и просадки. Основную роль в развитии карста на всей рассматриваемой территории играют маломинерализованные поверхностные и подземные воды верхней зоны.

Арзамасское плато сложено лессовидными суглинками и глинами, на которых сформировались оподзоленные чернозёмные и серые лесные почвы. Исследования были проведены на оподзоленном черноземе среднемощном слабосмытом тяжело-суглинистом на лессовидных суглинках.

Основными объектами исследований были две культуры – картофель и соя.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) трех столовых сортов разных групп спелости, зарубежной селекции элитной репродукции. Сорт Винета (стандарт для опыта), раннеспелый с периодом вегетации 75-80 суток, столовый, с кремово-желтой мякотью. Оригинатор – немецкая компания Europlant Pflanzenzucht GmbH. Сорт Лабелла, раннеспелый (период вегетации 70-80 суток), столовый, высокоинтенсивный, цвет кожуры красный, мякоти – желтый. Оригинатор – Solana GmbH & Co. KG (Германия). Сорт Гранادا. Оригинатор – Solana GmbH & Co. KG. Сорт среднепоздний (период вегетации 90-110 суток), столовый.

Соя Самер 1 (*Glycine max.* (L.) Merr.). Сорт ультраранний, Ершовской опытной селекционной станции НИИСХ Юго-Востока и Самарского НИИСХ им. Тулайкова.

К объектам исследования также относятся удобрения: минеральные (N_{aa} , ДАФК и K_x), используемые в опытах под основную или предпосевную обработку почвы; микробиологическое удобрение для предпосадочной обработки клубней из группы Экстрасол с комплексом ризосферных бактерий штамма *Bacillus subtilis* Ч-13; жидкое органо-минеральное удобрение с аминокислотами Изабион и жидкое комплексное удобрение Агрис Фосфор, обогащенное фосфором, с микроэлементами и гуминовыми кислотами – для внекорневой подкормки растений картофеля.

Изабион – вещество природного происхождения, биологическое удобрение последнего поколения, биостимулятор роста растений, используется и как антистрессовый препарат. Это жидкое органо-минеральное удобрение с содержанием органических веществ до 62,5%. Общее содержание азота 10,9%, в том числе 10,0% – это белковый азот в форме аминокислот и пептидов. На долю свободных аминокислот

кислот приходится 10,3% массы удобрения. В составе удобрения присутствуют кальций (0,4-0,5%), натрий (1,7-2,2%), сульфаты (1,1-1,4%), хлориды (2,3-2,9%), а также небольшое количество (менее 20 мг/кг) меди, цинка и никеля. Реакция среды 10% раствора Изабиона колеблется в пределах 5,5-7,5 единиц рН.

Агрис Фосфор – это удобрение, в состав которого входят макроэлементы азот (1,2%) и фосфор (10%), мезоэлементы магний (0,12%), сера (0,11%) и железо (0,02%), ряд микроэлементов в хелатной форме – бор, молибден, марганец, медь, цинк и кобальт, а также некоторое количество аминокислот (0,3%) и гуминовых кислот (0,1%). Реакция исходного раствора удобрения 5,9 единиц рН.

Исследования проведены путем постановки полевого опыта с картофелем (опыт №1, 2015-2017 гг.), микрополевого опыта с соей (опыт №2, 2018-2019 гг.) и агрохимического обследования почв в 2016 и 2019 гг. на площади 1202 га.

Полевой опыт №1 проведен с целью изучения отзывчивости столовых сортов картофеля на традиционные минеральные удобрения при выращивании его с использованием современных биопрепаратов и агрохимикатов на фоне комплекса мероприятий по защите культуры от вредителей, болезней и сорняков.

Повторность 3-х кратная, общая площадь делянки 0,97 га (38,7 x 250), уборочная – 0,81 га (32,4 x 250). Агрохимическая характеристика почвы в соответствии с чередованием культур в пространстве колебалась: подвижных соединений фосфора и калия 200-250 мг/кг и 110-140 мг/кг; рН_{kcl} 5,45; содержание гумуса – 3,8-4,1%.

Содержание и обозначение вариантов опыта №1 показано в таблице 1.

1. Схема опыта №1

| № вар. | Удобрения | Сорт | Условное обозначение |
|--------|---|---------|----------------------------|
| 1 | Весной при нарезке гребней N60P156K156 кг/га в форме диаммофоски в смеси с аммиачной селитрой в дозе N60 | Винета | Контроль |
| 2 | Весной при нарезке гребней N60P156K156 кг/га в форме диаммофоски в смеси с аммиачной селитрой в дозе N60 + внекорневая подкормка удобрениями Агрис Фосфор и Изабион | Винета | Винета-фон |
| 3 | | Лабелла | Лабелла-фон |
| 4 | | Гранада | Гранада-фон |
| 5 | Весной при нарезке гребней N60P156K156 кг/га в форме диаммофоски в смеси с аммиачной селитрой в дозе N60 + калий в форме хлористого калия в дозе 120 кг д.в./га с осени под зяблевую вспашку + внекорневая подкормка удобрениями Агрис Фосфор и Изабион | Винета | Винета-фон+K _x |
| 6 | | Лабелла | Лабелла-фон+K _x |
| 7 | | Гранада | Гранада-фон+K _x |

Картофель возделывали с полным циклом мероприятий по защите растений и внесением минеральных удобрений, без использования органических удобрений. Сроки посадки картофеля и уборки зависели от погодных условий, но в среднем за годы проведения исследований посадка картофеля проходила в период 5-10 мая, уборка – 20-28 августа. Общая доза минеральных удобрений, внесенных в форме фона (вар. 2-4), составила 432 кг действующего вещества (NPK) в расчете на 1 гектар, с соотношением основных элементов питания как 1,0:1,3:1,3. Доза удобрений с учетом хлористого калия, внесенного с осени (вар. 5-7), равна 552 кг д.в./га (с соотношением основных элементов питания как 1,0:1,3:2,3).

Предшественник – озимая пшеница. Обработка почвы после предшественника включала: лущение стерни; вспашка зяби на глубину 20-25 см; ранневесеннее за-

крытие влаги; глубокая культивация в 2 следа поперек зяби; нарезка гребней с внесением удобрений. Схема посадки: ширина междурядий 90 см, расстояние между кустами в рядке 23 см, общее количество кустов на 1 га – 48 тысяч. Посадка картофеля проводилась в оптимально ранние сроки, с обязательной обработкой клубней перед посадкой микробиологическим препаратом Экстрасол (4,5 л/т). Через 6-7 дней после посадки проводили довсходовое рыхление, затем культивации междурядий, окучивание картофеля до смыкания ботвы, за 12-14 дней до уборки – десикацию ботвы. Уборка картофеля выполнена механизировано, сплошным методом.

В течение вегетации применяли внекорневые подкормки жидким комплексным органоминеральным удобрением Изабион (2,5 л/га в фазу бутонизации, через 20-25 дней после всходов) и жидким азотно-фосфорным удобрением на органической основе Агрис Фосфор (в фазу максимального прироста клубней, перед началом отмирания ботвы, примерно через 70-75 дней после посадки, в дозе 4 л/га).

В систему защитных мероприятий входило следующее. До посадки картофеля был внесен почвенный гербицид системного действия Зенкор Ультра (1 л/га) в виде защитного экрана, предназначенного для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорняками, что в дальнейшем активизировало прирост надземной фитомассы культуры. При посадке картофеля был использован инсектофунгицид Селест Топ (0,4 л/га), который, благодаря присутствию контактного и локально-системного фунгицидов флудиоксонил и дифеноконазол (класс триазолы и фенилпирролы), стимулировал развитие корневой системы картофеля, чем был дан положительный импульс, прежде всего, раннеспелым сортам Винета и Лабелла.

При уходе за растениями использовали комплекс фунгицидов. Вначале, в профилактических целях вносили фунгицид Консенто (2 л/га) системно-трансламинарного действия (д. в-во гидрохлорид пропамокарба из класса карбаматов и фенамидон, класс имидазолиноны), который блокировал рост мицелия грибов, и локально-системный фунгицид Акробат, 2 кг/га (д. в-во манкоцеб, класс дитиокарбаматы, и диметоморф, класс амиды коричной кислоты), поражающий грибок при прямом контакте и при проникновении в сосудистую систему растения, очищая его изнутри, что обеспечило защиту растений от инфекций смешанного типа.

По мере нарастания листовой массы картофеля применяли системно-трансламинарный фунгицид Ревус Топ, в дозе 0,6 л/га (д. в-во мандипропамид и дифеноконазол, которые способны адсорбироваться восковым слоем листа, в связи с чем препарат не смывается водой и осадками) и фунгицид контактного действия Зуммер, 0,4 л/га (д. в-во флуазинам, класс пиримидинамины), что обеспечило защиту картофеля от фитофтороза и других патогенов грибной природы. За 12-14 дней до уборки проведена десикация ботвы препаратом Реглон Супер, дозой 2 л/га.

Все работы выполняли с использованием специальной техники: тракторы John Deere 8335 R, 6130 D или 6130; разбрасыватель минеральных удобрений RAUCH; гребнеобразующая фреза Grimme GF 600; картофелесажалка Grimme GL 36T; самоходный опрыскиватель John Deere 4730 для внесения почвенного гербицида; самоходный опрыскиватель Amazone Pantera 4502 для проведения некорневой обработки посевов; ботвоудалитель Grimme KS 5400; самоходный картофелеуборочный комбайн Grimme Varitron 470, Grimme SE 150 или Grimme SF 170-60.

Опыт №2, микрополевой, в 3-х повторениях, заложен в производственных посевах с выделением делянок общей площадью 50 м², где уборку проводили вруч-

ную методом учетных площадок (1 м²). Количество учетов на делянке – пять, общее число учетов по варианту – 15, предшественник – картофель.

Схема опыта приведена в таблице 2.

2. Схема опыта №2

| № | Содержание варианта | Обозначение |
|---|--|-------------|
| 1 | Без внесения удобрений | Контроль |
| 2 | Весной, перед дискованием почвы, внесение 1,0 ц ДАФК и 0,5 ц N _{aa} в расчете на 1 га; в фазу сразу после трех настоящих листьев подкормка аммиачной селитрой в дозе 1 ц по физическому весу (N ₃₄) | N60P26K26 |
| 3 | Весной, перед дискованием почвы, внесение 1,0 ц ДАФК и 1,2 ц N _{aa} в расчете на 1 га; в фазу сразу после трех настоящих листьев подкормка аммиачной селитрой в дозе 1 ц по физическому весу (N ₃₄) | N85P26K26 |
| 4 | Весной, перед дискованием почвы, внесение 1,0 ц ДАФК и 1,9 ц N _{aa} в расчете на 1 га; в фазу сразу после трех настоящих листьев подкормка аммиачной селитрой в дозе 1 ц по физическому весу (N ₃₄) | N110P26K26 |

Выборочное агрохимическое обследование почв хозяйства проведено в 2016 и 2019 гг. в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Отбор проб проводился с пробных площадок (15 площадок), которые были выделены на территории с учетом почвенных разностей и рельефа местности. Объединенный почвенный образец с пробной площадки составлен из 5 точечных проб. Результаты анализа почвенных проб сравнивали с данными сплошного агрохимического обследования почвенного покрова, выполненного ЦАС «Нижегородский» в 2009 г.

Аналитические методы исследований

Анализ почвенных образцов по определению физико-химических свойств и основных показателей плодородия почвы выполнены в лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии с использованием следующих методов: содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, извлечение из ГОСТ 26213-91; рН_{кcl} – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-88); ёмкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом (Минеев В.Г., 2001); подвижные соединения фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011).

Анализ растительных образцов выполнен в аккредитованном испытательном центре ФГБУ «Центр агрохимической службы «Нижегородский»: содержание азота по ГОСТ 13496.4-93 с дальнейшим пересчетом в сырой протеин (коэффициент 6,25), фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – ГОСТ 30504-97, кальция – ГОСТ 26570-95; крахмала – ГОСТ 10845-98; жира – по методу Сокслета на полуавтоматическом анализаторе SOX 406 (ГОСТ 13496.15-97); микроэлементы – методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии на Shimadzu AA-6300 по следующим методикам: медь и цинк – ГОСТ 30692-2000, железо – ГОСТ 27998-88, марганец – ГОСТ 27997-88.

Статистическая обработка результатов исследований, полученных в опытных условиях, проведена с использованием метода дисперсионного анализа (Доспехов,

2011) при помощи программного пакета Microsoft Office Excel 2003. Для констатации различий при сравнении величин использовался показатель наименьшей существенной разницы при 5% уровне значимости (HCP_{05}). При оценке различий в агрохимических показателях, полученных при мониторинге агрохимического состояния почв, использовали метод вариационной статистики (Дмитриев, 1995).

Система удобрения и защиты растений картофеля

Целью проведения полевого опыта №1 была оценка отзывчивости столовых сортов картофеля на минеральные удобрения при выращивании его с использованием современных биопрепаратов и агрохимикатов на фоне комплекса мероприятий по защите посевов от вредителей, болезней и сорняков. Результаты учета урожайности и характеристика структуры урожая приведены в таблице 3.

3. Влияние удобрений на урожайность картофеля разных сроков спелости

| Варианты опыта | Урожайность, т/га | | | | Клубней в кусте, шт. | Масса куста, г | Масса 1 клубня, г |
|-----------------------|-------------------|------|------|---------|----------------------|----------------|-------------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | средняя | | | |
| 1.Контроль | 31,2 | 21,6 | 23,1 | 25,3 | 7,0 | 527 | 75,5 |
| 2.Винета-фон | 34,2 | 24,0 | 25,8 | 28,0 | 7,1 | 581 | 84,0 |
| 3.Лабелла-фон | 40,4 | 33,2 | 40,3 | 38,0 | 7,8 | 790 | 101,5 |
| 4.Гранада-фон | 41,5 | 33,8 | 50,7 | 42,0 | 8,1 | 868 | 108,6 |
| 5.Винета-фон + K_x | 38,7 | 28,4 | 33,0 | 33,4 | 7,3 | 692 | 96,9 |
| 6.Лабелла-фон + K_x | 48,5 | 41,7 | 53,6 | 47,9 | 8,2 | 987 | 124,7 |
| 7.Гранада-фон + K_x | 44,4 | 36,7 | 56,9 | 46,0 | 8,1 | 953 | 119,2 |
| HCP_{05} | 4,9 | 5,4 | 6,2 | 5,2 | 0,3 | 95 | 11,3 |

Данные таблицы 3 показывают, что в группе ранних сортов при внесении фонового удобрения и по числу клубней в кусте (на 10% больше, чем Винета), и по урожайности клубней с куста (на 36%), и по массе одного клубня (на 21%) лучшим был сорт Лабелла. Осеннее внесение хлористого калия привело к существенному улучшению показателей продуктивности для обоих раннеспелых сортов (вар. 5 к вар. 2; вар. 6 к вар. 3). Подкормка картофеля сорта Винета удобрениями Агрис Фосфор и Изабион привела к повышению сбора клубней с одного куста (на 10%) и увеличению массы одного клубня – на 11% в сравнении с контрольным вариантом, где подкормки не проводились. Урожайность картофеля по годам колеблется в широких пределах – в 2017 г. различия между вариантами достигли 132%. Из раннеспелых сортов более урожайным был сорт Лабелла – в сравнении с сортом Винета прибавка урожайности значима как в среднем за анализируемые годы, так и в каждом отдельном году на обоих фонах (с внесением K_x или без него).

Таким образом, осеннее внесение калийного удобрения и в целом изменение соотношения между основными элементами питания с 1,0:1,3:1,3 при фоновом удобрении (вар. 2-4) до 1,0:1,3:2,3 в вариантах 5-7 обеспечили получение урожайности картофеля как минимум на уровне, свойственной сорту.

Результаты определения содержания крахмала в клубнях картофеля и его накопление в урожае приведены в таблице 4.

Во все годы исследований содержание крахмала в клубнях в целом соответствовало биологическому описанию сортов. У раннеспелых сортов Винета и Лабелла колебания крахмалистости клубней укладывались в границы 12,8-14,7%, а у среднепозднего сорта Гранада – в границы 14,8-15,6%. Осеннее внесение хлористо-

го калия привело к некоторому увеличению крахмалистости клубней, отмечаемому в основном на уровне тенденции. Внекорневая подкормка растений жидкими удобрениями Изабион и Агрис Фосфор на содержании крахмала не сказалась.

4. Влияние удобрений на содержание и вынос крахмала урожаем картофеля

| Варианты опыта | Содержание крахмала, % | | | | Сбор крахмала с урожаем, ц/га | | |
|-------------------------|------------------------|------------|------------|---------|-------------------------------|-----------------|-----------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | среднее | среднее, ц/га | прибавка к ...* | |
| | | | | | | контролю | фону |
| 1.Контроль | 13,2 | 12,9 | 13,3 | 13,1 | 33,2 | - | - |
| 2.Винета-фон | 13,3 | 12,8 | 13,4 | 13,2 | 36,9 | 3,7 / 11 | - |
| 3.Лабелла-фон | 14,0 | 13,2 | 13,7 | 13,6 | 51,9 | 18,7 / 56 | - |
| 4.Гранада-фон | 15,3 | 14,8 | 15,2 | 15,1 | 63,5 | 30,3 / 91 | - |
| 5.Винета-фон + K_x | 13,5 | 13,4 | 13,3 | 13,4 | 44,8 | 11,6 / 35 | 7,9 / 21 |
| 6.Лабелла-фон + K_x | 14,7 | 14,1 | 14,2 | 14,3 | 67,8 | 34,6 / 104 | 15,9 / 31 |
| 7.Гранада-фон + K_x | 15,6 | 15,3 | 15,4 | 15,4 | 70,9 | 37,7 / 114 | 7,4 / 12 |
| <i>НСР₀₅</i> | <i>0,8</i> | <i>0,7</i> | <i>0,6</i> | | | | |

* - в числителе – в ц/га, в знаменателе – в %.

Сбор крахмала с урожаем в зависимости от скороспелости сорта сильно различался. Так, сбор крахмала на варианте с фоновым удобрением сорта Гранада превысил сбор крахмала с урожаем сорта-стандарта Винета на 26,6 ц/га (72%). Дополнительное внесение хлористого калия под картофель сорта Гранада по фону полного минерального удобрения привело к дополнительному накоплению крахмала лишь на величину 7,4 ц/га. Максимальное действие хлористого калия на сбор крахмала с урожаем отмечен на Лабелле – 31% к фону (вар. 6 в сравнении с вар. 3).

В целом по крахмалистости клубней и сбору крахмала с урожаем лучшим среди раннеспелых сортов был сорт Лабелла: увеличение сбора крахмала в сравнении с Винетой составило 40% на фоне без K_x и 51% на фоне с осенним внесением калия.

К важнейшим показателям качества клубней картофеля относят также содержание сухого вещества и витамина С, а к показателям безопасности – содержание нитратов. Отмечено, что количество аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля на вариантах без осеннего внесения хлористого калия изменялось в пределах 19,6-23,9 мг%, а внесение K_x повышало её содержание у раннеспелых сортов на 1,8-3,9 мг%. Содержание сухого вещества в клубнях от применения удобрений изменялось незначительно. Концентрация нитратного азота не выходила за пределы ПДК (300 мг/кг), хотя на вариантах с осенним внесением калия она достоверно повышалась (до 180-215 мг/кг) в сравнении с фоновыми вариантами.

Результаты расчета окупаемости удобрений прибавкой урожая картофеля приведены в таблице 5.

Учитывая, что в опыте не было варианта без применения удобрений, для расчета прибавки урожая, обеспеченной их внесением, были использованы нормативы по долевого участию удобрений в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Определено, что при дозе внесения удобрений в 432 кг/га долевого участие составляет 43%, а при дозе удобрений в 552 кг/га – 49%, при нормативной окупаемости $НРК$ в 24 кг/кг.

Расчеты показали, что в целом отдача от удобрений значительно превышает нормативную окупаемость. По раннеспелому сорту Винета (стандарт) превышение

составило 1,2 раза, по раннему сорту Лабелла – 1,6-1,8 раз, а по среднепозднему сорту Гранада – 1,8-1,7 раз.

5. Окупаемость удобрений, внесенных под картофель, прибавкой урожая клубней

| Варианты опыта | Доза, кг д. в./га | Прибавка урожайности клубней от удобрений, т/га | | | | Окупаемость удобрений прибавкой урожая клубней, кг/кг | | | |
|--|-------------------|---|-------|-------|---------|---|------|------|---------|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | среднее | 2015 | 2016 | 2017 | среднее |
| 1.Контроль | 432 | 13,42 | 9,29 | 9,94 | 10,88 | 31,1 | 21,5 | 23,0 | 25,2 |
| 2.Винета-фон | 432 | 14,71 | 10,32 | 11,10 | 12,04 | 34,1 | 23,9 | 25,7 | 27,9 |
| 3.Лабелла-фон | 432 | 17,38 | 14,28 | 17,33 | 16,34 | 40,2 | 33,1 | 40,1 | 37,8 |
| 4.Гранада-фон | 432 | 17,85 | 14,54 | 21,81 | 18,06 | 41,3 | 33,7 | 50,5 | 41,8 |
| 5.Винета-фон +K _x | 552 | 18,97 | 13,92 | 16,17 | 16,37 | 34,4 | 25,2 | 29,3 | 29,7 |
| 6.Лабелла-фон+K _x | 552 | 23,77 | 20,44 | 26,27 | 23,48 | 43,1 | 37,0 | 47,6 | 42,5 |
| 7.Гранада-фон+K _x | 552 | 21,76 | 17,99 | 27,89 | 22,54 | 39,4 | 32,6 | 50,5 | 40,8 |
| Нормативная окупаемость 1 кг д.в. урожаем, кг/кг | | | | | | 24 | | | |
| Данные других авторов (Шафран, 2019) | | | | | | 22 – 43 | | | |

Дополнительное внесение калия было эффективным только на раннеспелых сортах картофеля: на Винете оно привело к увеличению окупаемости единицы удобрения на 6% (1,8 кг/га), а на Лабелле – на 4,7 кг/кг (12%). На сорте Гранада дополнительное внесение калия не привело к повышению окупаемости и даже отмечена некоторая тенденция снижения отдачи от удобрений.

Эффективность возделывания картофеля в производственных условиях

Общая площадь посадки картофеля в хозяйстве достигает 600 га, из которых не менее 350-400 га – на поливе. Для полива используется 6 круговых самоходных дождевальных машин марки Valley (рис. 1), работающих на относительно ровном рельефе, как и множество других видов техники, обслуживающей высокотехнологичное земледелие. Учитывая, что территория хозяйства находится в карстоопасной зоне (рис. 2), существует постоянная необходимость проведения работ по наращиванию плодородного слоя на площадях с проявлениями карста.

Для хозяйства разработана технология наращивания плодородного слоя на таких участках, которая базируется на трех принципиальных позициях. Во-первых, это систематический мониторинг карстовых деформаций, установление особенностей проявления карста. Во-вторых, ликвидация карстовых депрессий, что включает: а) локализацию границ деформаций почвы; б) создание основы (ложе) для заполнения карстовых депрессий, для чего используются древесные остатки растительности, покрывающей провалы и понижения; в) последовательное заполнение объема карстовой депрессии различными органо-минеральными компонентами, для чего используют земляной грунт, остатки измельченной древесной массы, ранее произрастающей в местах проявления карстовых прогибов (рис. 3); г) выбор и обоснование возможности использования компонентов для приготовления земляного компоста; д) этап биологической рекультивации, включающий внесение удобрений и посев сидеральной (или почвопокровной) культуры. Третий принцип – введение площадей в активное сельхозпользование с обязательностью контроля за состоянием участков, ранее подвергшихся карстовым деформациям (рис. 4).

Урожайность картофеля в хозяйстве в динамике за ряд лет в сравнении с урожайностью, полученной опыте, показана в таблице 6.



Рис. 1-4. Картофель на поливе; формы проявления карста на территории хозяйства; заполнение карстовой депрессии земляным компостом с участием древесных остатков и иловых отложений; посевы сои на третий год после восстановления карстовой деформации.

6. Урожайность картофеля в хозяйстве и на опыте за ряд лет, т/га

| Сорта карто- феля | 2015 г. | | | 2016 г. | | | 2017 г. | | |
|----------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | хозяйство | | опыт* | хозяйство | | опыт* | хозяйство | | опыт* |
| | б/полива | полив | | б/полива | полив | | б/полива | полив | |
| Винета | 28 | 41 | 38 | 32 | - | 28 | 34 | - | 33 |
| Лабелла | 42 | 55 | 49 | 40 | - | 42 | 45 | 47 | 54 |
| Гранада | 33 | 50 | 44 | 41 | 52 | 37 | 46 | 57 | 57 |

* - вариант опыта с осенним внесением хлористого калия (120 кг д.в-ва на 1 га) и предпосадочным внесением минерального удобрения в дозе 432 кг NPK на 1 га

Данные свидетельствуют, что урожайность картофеля в среднем по хозяйству сопоставима с урожайностью, полученной в опыте, что дополнительно свидетельствует о высокой культуре земледелия в производственных условиях. С экономической точки зрения выращивание картофеля по принятой в хозяйстве технологии высокоэффективно: рентабельность его производства достигает 33,5%.

Характеристика почв хозяйства как следствие культуры земледелия

Целью данного исследования стало установление тенденций в динамике агрохимических показателей почв хозяйства за период 2009-2019 гг. и оценка их устойчивости к антропогенному воздействию в процессе активного земледельческого использования. Результаты исследования приведены в таблице 7.

7. Динамика агрохимических показателей почвы хозяйства на 2016 г.

| Показатели | Содержание гумуса, % | | P ₂ O ₅ , мг/кг | | K ₂ O, мг/кг | |
|------------|----------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| | 2009 | 2016 | 2009 | 2016 | 2009 | 2016 |
| Lim* | 3,5 – 4,5 | 3,9 – 4,4 | 89 – 318 | 160 – 280 | 71 – 303 | 97 – 240 |
| M ± m** | 4,05 ± 0,1 | 4,10 ± 0,05 | 197,3 ± 21,3 | 220,7 ± 11,5 | 123,5 ± 15,0 | 143,9 ± 10,0 |
| V***, % | 7 | 4 | 40 | 20 | 45 | 26 |
| | pH _{kcl} | | Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г | | Емкость поглощения, ммоль/100 г | |
| Lim | 4,8 – 6,1 | 4,9 – 5,9 | 1,90 – 6,05 | 3,0 – 5,4 | 22,9 – 30,9 | 24,8 – 31,2 |
| M ± m | 5,45 ± 0,1 | 5,37 ± 0,1 | 4,04 ± 0,3 | 4,26 ± 0,2 | 27,0 ± 0,7 | 27,4 ± 0,7 |
| V, % | 7 | 5 | 31 | 18 | 11 | 9 |

* - Lim – размах варьирования признака; ** - M ± m – среднее и ошибка среднего;

*** - V – коэффициент варьирования.

Установлено, что среднее содержание гумуса в почве выросло до 4,1%, причём произошло это за счёт повышения общего уровня обеспеченности органическим веществом почти на всех участках, а не резкого увеличения данного показателя на отдельно взятых полях. Последнее нашло отражение и в сузившемся диапазоне его абсолютных значений (от 3,9 до 4,4%), и в ставшем значительно меньшим коэффициенте вариации (4%), характеризующем разброс результатов как небольшой.

Среднее содержание подвижного фосфора к 2016 г. возросло до 220,7 мг/кг. Коэффициент вариации в содержании подвижного фосфора снизился на 50% по сравнению с данными последнего цикла агрохимического обследования: пестрота по обеспеченности элементом уменьшилась, и обеспеченность им выровнялась (все участки достигли высокого или очень высокого уровня). Среднее содержание подвижного калия выросло и составило 143,9 мг/кг при диапазоне в 97-240 мг/кг.

Показатель обменной кислотности почв оставался стабильным, варьировал крайне незначительно и не выходил за пределы слабой кислотности по группировке (5,1-5,5), что соответствует требованиям основной для хозяйства культуры – картофеля. В целом, обменная и гидролитическая кислотность, а также емкость поглощения катионов являются типичными для оподзоленных черноземов.

Почвенные образцы, отобранные при обследовании 2019 года, были оценены по основным агрохимическим показателям с учетом площади обследования и расчетом средневзвешенного показателя обеспеченности элементами питания. Результаты показали дальнейшее повышение содержания в почве подвижных соединений фосфора (до 271 мг/кг) и калия (до 147 мг/кг) при некотором снижении обменной кислотности и содержания гумуса (до 3,96%). Безусловно, что такая характеристика почвы есть отражение системы земледелия и системы удобрения в частности. Сведения по применению удобрений в хозяйстве приведены в таблице 8.

8. Внесение удобрений под культуры севооборота в хозяйстве, кг д.в-ва/га

| Культура | 2016 г. | | | | 2018 г. | | | |
|------------------|-----------|-------------------------------|------------------|------------|-----------|-------------------------------|------------------|------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | NPK | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | NPK |
| Озимая пшеница | 73 | 22 | 22 | 117 | 81 | 30 | 30 | 141 |
| Яровая пшеница | 55 | 83 | 15 | 153 | 75 | 22 | 22 | 119 |
| Картофель | 100 | 115 | 200 | 415 | 120 | 200 | 270 | 590 |
| Соя | 50 | 22 | 22 | 94 | 65 | 22 | 22 | 109 |
| <i>В среднем</i> | <i>70</i> | <i>60</i> | <i>65</i> | <i>195</i> | <i>85</i> | <i>70</i> | <i>85</i> | <i>240</i> |

В среднем насыщенность удобрениями по хозяйству высока и растет во времени, изменяясь от 195 кг/га (2016 г.) до 240 кг/га (2018 г.), позволяя получать урожай картофеля на уровне 30-55 т/га, урожай зерновых культур порядка 3,3-4,8 т/га и сои – до 2,4 т/га.

Глава 6. Влияние удобрений на продуктивность сои

В данном опыте соя высевается после картофеля, выращиваемого при интенсивной минеральной системе удобрения ($N_{120}P_{200}K_{270}$). В таком случае необходимо учитывать не только прямое действие удобрений, рекомендуемых для внесения непосредственно под сою, но и последствие ранее внесенных удобрений. Учитывая это, определено, что от предшественника соя может использовать 30 кг фосфора и 27 кг калия. Вследствие этого суммарная обеспеченность фосфором и калием для сои становится равной 56 кг фосфора и 53 кг калия в расчете на 1 га, причем не только в экспериментальных вариантах, но и на контроле. Соотношение элементов питания при этом также изменилось: вар. 2 – 1:1:1; вар. 3 – 1,5:1:1 и вар. 4 – 2:1:1.

Результаты опыта приведены в таблице 9.

9. Влияние удобрений на продуктивность сои

| Варианты опыта | Высота, см | | Бобов, шт./ раст. | | Урожайность, т/га | | Качество зерна | |
|--------------------------|------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|--------|
| | сред-нее | +, - к вар. 1 | сред-нее | +, - к вар. 1 | сред-нее | +, - к вар. 1 | белок, % | жир, % |
| 1. $P_{56}K_{53}$ | 61,7 | - | 7,4 | - | 18,70 | - | 26,6 | 19,0 |
| 2. $N_{60}P_{56}K_{53}$ | 80,1 | 18,4 | 8,2 | 0,8 | 20,11 | 1,41 | 28,3 | 21,4 |
| 3. $N_{85}P_{56}K_{53}$ | 83,8 | 22,1 | 11,1 | 3,7 | 22,62 | 3,92 | 34,9 | 19,8 |
| 4. $N_{110}P_{56}K_{53}$ | 85,3 | 23,6 | 11,3 | 3,9 | 21,54 | 2,84 | 34,0 | 20,5 |
| <i>НСР₀₅</i> | | 14,0 | | 1,9 | | 1,48 | - | - |
| <i>Справочное</i> | | | | | | | 36-41 | 17-22 |

Различий в высоте растений между вариантами не отмечено, лишь небольшая тенденция прироста растений в высоту. Внесение азота в повышенных дозах (85 и 110 кг/га) привело к увеличению числа бобов на растении в сравнении с числом бобов на контроле. Существенное влияние удобрений на формирование товарной продукции сои отмечено только при внесении повышенных доз азота по фону фосфорно-калийных удобрений (контрольный вариант), которые между собою по действию на урожайность, однако, были равны.

Большим содержанием белка отличаются варианты 3 и 4 с внесением повышенных доз азота. Но концентрацию белка, которая для этой культуры отмечается в литературе, в условиях опыта получить не удалось. Максимальное содержание жира получено на варианте с внесением минимальной из изучаемых доз азота. Содержание калия в зерне сои было несколько выше нормативных значений, подтверждающих питательность сои как корма. Концентрация фосфора в зерне сои была еще более высокой: выше норматива на 4,09 г/кг (57%) – 4,95 г/кг (70%). Более того, даже на контрольном варианте, где непосредственно под культуру удобрения не вносили, содержание фосфора в зерне выше нормативного значения на 3,26 г/кг, или 46%. Зерно сои отличается также повышенной концентрацией таких микроэлементов, как цинк и марганец, при сниженном содержании меди, железа и кальция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По вопросу «Оценка влияния полного минерального удобрения, внесенного в дозе $N_{120}P_{156}K_{156}$ при нарезке гребней, и хлористого калия, внесенного в дозе K_{120} под осеннюю вспашку, на показатели продуктивности и качество клубней при выращивании картофеля разных групп спелости (раннеспелые сорта Винета, Лабелла; среднепоздний сорт Гранада) на фоне комплекса мероприятий по защите посевов от вредителей, болезней и сорняков»

Установлено, что грамотно составленная система удобрения картофеля (твердые минеральные макроудобрения диаммофоска, хлористый калий и аммиачная селитра; микробиологический препарат Экстрасол, жидкие комплексные органо-минеральные удобрения Изабион и Агрис Фосфор), а также комплекс защитных мероприятий (инсектофунгицид Селест Топ; гербицид Зенкор Ультра; фунгициды Консенто, Акробат, Ревус Топ и Зуммер; десикант Реглон Форте) обеспечили получение урожайности раннеспелых сортов картофеля Винета и Лабелла на уровне 28,0-47,9 т/га, изменяясь от 33,2 до 53,6 т/га. Урожайность среднепозднего сорта Гранада колебалась в пределах 42,0-46,0 т/га с вариациями по годам до 56,9 т/га.

Раннеспелый сорт картофеля Лабелла был доказательно более эффективен в сравнении с сортом Винета, используемым в качестве стандарта – прирост урожая в среднем за 2015-2017 гг. составил 10,0-14,5 т/га (35-43%). Увеличение дозы минеральных удобрений с 432 кг действующего вещества в расчете на 1 га до 552 кг/га за счет осеннего внесения хлористого калия (120 кг/га) способствовало приросту урожайности клубней раннеспелых сортов картофеля Винета и Лабелла в пределах 5,4-9,9 т/га (19-26%), среднепозднего сорта Гранада – на 4,0 т/га (10%).

Последовательно выполненные внекорневые подкормки картофеля жидкими органо-минеральными удобрениями Изабион и Агрис Фосфор способствовали повышению сбора клубней с одного куста (до 7,1 шт./куст, что на 10% выше контроля) и увеличению массы одного клубня – до 84,0 г/клубень, что на 11% выше в сравнении с контрольным вариантом, где подкормки не производились.

По результатам оценки влияния минеральной системы удобрения картофеля, используемой в комплексе с системой защиты растений, на качественный состав клубней можно отметить следующее.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{156}K_{276}$ (из которых 2,0 ц/га хлористого калия внесены под глубокую обработку почвы с осени), в сравнении с фоновым весенним внесением удобрений в дозе $N_{120}P_{156}K_{156}$ (6 ц диаммофоски + 2 ц аммиачной селитры в расчете на 1 га), способствовало проявлению тенденции повышения крахмалистости клубней (на 0,2-0,7%) и содержания аскорбиновой кислоты (до 3,9 мг%) на всех изучаемых сортах картофеля. Содержание нитратного азота при этом также повышалось (на 14-41 мг/кг), но не превышало предельно допустимой концентрации (300 мг/кг).

Максимальный сбор крахмала с единицы площади отмечен для сорта Лабелла: в сравнении с сортом-стандартом Винета на фоновом удобрении (внесение удобрений при нарезке гребней) сорт Лабелла увеличивает сбор крахмала на 15,0 ц/га (41%). Дополнительное осеннее внесение КС1 на картофеле сорта Лабелла отзывается увеличением сбора крахмала на 15,9 ц/га, что составляет более 30% к варианту без внесения хлористого калия.

Использование минеральных удобрений суммарной дозой 432 и 552 кг/га на высокоинтенсивных сортах картофеля немецкой селекции агрономически эффективно. Это подтверждается оплатой 1 кг NPK на раннеспелом сорте Лабелла в 37,8-42,5 кг дополнительного сбора клубней, а на среднепозднем сорте Гранада – прибавкой урожая в 40,8-41,8 кг/кг.

По вопросу «Определение эффективности использования минеральных удобрений в производственных условиях»

Технология выращивания картофеля, основные положения которой описаны в полевом опыте, используется в ООО «Латкин» Арзамасского района с 2010 года на площади не менее 500 га. За эти годы урожайность картофеля в среднем по хозяйству на сорте Винета составила 31,3 т/га, на Лабелле – 42,3 т/га и на Гранаде – 40,0 т/га, что сопоставимо с урожайностью, полученной в опытных условиях (в среднем за годы исследований по Винете – 33,4 т/га, Лабелле – 47,9 т/га и Гранаде – 46,0 т/га). Насыщенность удобрениями на картофеле в среднем по хозяйству за 2016-2018 гг. колеблется от 415 до 590 кг NPK в расчете на 1 га. Возделывание картофеля по принятой в хозяйстве технологии высокоэффективно – рентабельность его производства достигает 33,5%.

По вопросу «Установление тенденций в динамике агрохимических показателей оподзоленного чернозема и оценка его устойчивости к антропогенному воздействию в процессе активного земледельческого использования при исключительно минеральной системе удобрения культур»

Основные исследования проведены в Правобережье Нижегородской области на чернозёме оподзоленном среднемошном слабосмытом, сформировавшемся на лессовидных суглинках, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Установлено, что минеральная система удобрения растений в севообороте «озимая пшеница – яровая пшеница – картофель – соя», с насыщенностью на уровне 240 кг/га ($N_{85}P_{70}K_{85}$), позволяет поддерживать плодородие почвы на высоком уровне. За период с 2009 по 2019 гг. содержание подвижных соединений фосфора и калия повысилось в среднем по участку на 67 мг/кг (33% к значению 2009 г.) и 17 мг/кг (13% к 2009 г.) соответственно. Однако содержание гумуса за 10 лет активной химизации земледелия снизилось на 0,12% – 3% к значению 2009 года.

Почвы хозяйства характеризуются высокой устойчивостью к действию антропогенных факторов благодаря сохранению характеристик почвенного поглощающего комплекса (сумма поглощенных оснований, емкость поглощения почвы и степень насыщенности почвы основаниями) в параметрах, свойственных данному типу почв. Выполняемый землепользователем комплекс агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий обеспечивает поддержание способности почвенного покрова сглаживать воздействие антропогенных факторов, что подтверждается значительным снижением пестроты почвенного плодородия. При этом коэффициент вариации контролируемых признаков (содержание элементов питания и показатели, характеризующие почвенный поглощающий комплекс) снижается в 1,3-2,0 раза.

По вопросу «Разработка технологии наращивания плодородного слоя почвы на площадях, подверженных проявлению карста»

Земли хозяйства имеют официальный статус закарстованной территории, что влечет за собою потенциальную угрозу нарушения территориальной целостности ландшафта и значительно осложняет проведение сельскохозяйственных работ.

Основными принципиальными положениями в процессе ликвидации (или снижения проявления) карстовых депрессий являются: а) локализация границ; б) создание основы для заполнения карстовых образований, для чего используются древесные остатки растительности, покрывающей провалы и понижения; в) заполнение объема воронок и западин различными органо-минеральными компонентами (по технологии приготовления компоста), для чего используют земляной грунт, остатки древесной массы, ранее произрастающей в местах проявления карстовых прогибов; г) элементы биологической рекультивации восстановленных участков (посев трав и т.п.). Для приготовления земляного компоста, необходимого для создания плодородного слоя на карстоопасных формах рельефа, в качестве компонентов в хозяйстве используются продукты расчистки и углубления дна озера.

По вопросу «Определение доз внесения минеральных удобрений под сою, которая высевается после картофеля, выращиваемого по интенсивной минеральной системе удобрения, с учетом последствий ранее внесенных удобрений»

Оценивая влияние удобрений на урожайность и качество зерна сои, которая высевается первой культурой после картофеля, выращиваемого на оподзоленном тяжелосуглинистом черноземе по интенсивной минеральной системе удобрения (при насыщенности, равной $N_{120}P_{200}K_{270}$), можно констатировать следующее.

Оптимальной дозой удобрений для сои является $N_{85}P_{26}K_{26}$ при допосевном внесении диаммофоски и проведении подкормки растений в фазе 3 листьев аммиачной селитрой. В таком случае, с учетом последствий удобрений, внесенных под предшественник ($P_{30}K_{27}$), для сои складывается оптимальное соотношение элементов питания – 1,5:1,0:1,0. Это позволяет растениям сформировать урожайность зерна на уровне 2,26 т/га при содержании белка в 34,9%, жира – 19,8% и оптимальном минеральном составе зерна по основным макро- и микроэлементам.

Как уменьшение дозы азота (до 60 кг/га), так и её увеличение (до 110 кг/га) на фоне сложившейся обеспеченности сои фосфором и калием ($P_{56}K_{53}$) статистически доказуемого положительного эффекта не дало, не ухудшая при этом численные значения контролируемых показателей.

Отдельно следует отметить, что почвы хозяйства имеют очень высокую обеспеченность подвижными соединениями фосфора (средневзвешенное значение для 1202 га равно 271 мг/кг) и калия (147 мг/кг) соответственно, при несколько сниженном содержании гумуса (4,05-3,96% для оподзоленного чернозема это слабогумусированные почвы), и тяжелый гранулометрический состав. В таких почвенных условиях внесение азота даже под бобовую культуру имеет явное положительное значение.

ВЫВОДЫ

1. Внесение полного минерального удобрения при нарезке гребней под картофель в дозе по действующему веществу 432 кг/га под испытуемый раннеспелый сорт Лабелла в сравнении с раннеспелым сортом Винета (стандарт) в среднем за 2015-2017 гг. способствует получению урожайности клубней в 38 т/га,

что на 10,0 т/га (36%) превышает урожайность картофеля сорта Винета. Крахмалистость картофеля сорта Лабелла превышает сорт Винета на 0,5%, а сбор крахмала урожаем достигает 51,9 ц/га, что на 15,0 ц/га выше, чем у Винеты. Урожайность среднепозднего сорта Гранада достигла 42 т/га и превысила урожайность стандартного сорта Винета на 18 т/га (64%), а сбор крахмала – на 34 ц/га (92%). Сорт Лабелла в сравнении со стандартным сортом Винета был лучшим по числу клубней в кусте (7,8-8,1 шт./куст, что на 10% выше, чем у Винеты) и по массе одного клубня – 101,5-124,7 г, что на 29% выше, чем у Винеты.

2. Увеличение дозы удобрений до 552 кг/га за счет осеннего внесения хлористого калия привело к повышению урожайности сорта-стандарта Винета на 5,4 т/га (при урожайности на варианте без использования КС1 в 28 т/га), испытываемого раннеспелого сорта Лабелла – на 9,9 т/га (26%), среднепозднего сорта Гранада – на 4,0 т/га (10%). Сбор крахмала урожаем при этом увеличился на сорте Винета на 7,9 ц/га (21%), на сорте Лабелла – на 15,9 ц/га (31%) и на 7,4 ц/га (12%) у сорта Гранада.
3. Последовательно выполненные внекорневые подкормки картофеля жидкими органо-минеральными удобрениями Изабион и Агрис Фосфор способствовали повышению сбора клубней с одного куста (до 7,1 шт./куст, что на 10% выше контроля) и увеличению массы одного клубня – до 84,0 г/клубень, что на 11% выше в сравнении с контролем, где подкормки не производились.
4. В полевом опыте с сортами картофеля разной спелости выявлено, что использование минеральных удобрений суммарной дозой 432 и 552 кг/га на высокоинтенсивных сортах картофеля немецкой селекции агрономически эффективно. Это подтверждается оплатой 1 кг NPK на раннеспелом сорте Лабелла в 37,8-42,5 кг дополнительного сбора клубней, а на среднепозднем сорте Гранада – прибавкой урожая в 40,8-41,8 кг/кг.
5. Технология выращивания картофеля, основные положения которой описаны в полевом опыте, используется в производстве с 2010 года. Насыщенность удобрениями на картофеле в среднем по хозяйству за 2016-2018 гг. варьирует в пределах 415-590 кг NPK в расчете на 1 га, обеспечивая урожайность на сорте Винета в 31,3 т/га, на Лабелле – 42,3 т/га и на Гранаде – 40,0 т/га, что сопоставимо с урожайностью, полученной в опытных условиях. Рентабельность возделывания картофеля в хозяйстве достигает 33,5%. При этом в структуре себестоимости производства картофеля на исключительно минеральной системе удобрения собственно на удобрения приходится 11%, а на средства защиты растений – 15%.
6. Минеральная система удобрения растений в севообороте «озимая пшеница – яровая пшеница – картофель – соя», с насыщенностью на уровне 240 кг/га (N85P70K85), на фоне комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий, позволяет поддерживать плодородие оподзоленного чернозема на высоком уровне. За период с 2009 по 2019 гг. на площади в 1202 га содержание подвижных соединений фосфора и калия повысилось в среднем по участку на

67 мг/кг (33% к 2009 г.) и 17 мг/кг (13% к 2009 г.), достигнув значений в 271 мг/кг и 147 мг/кг соответственно. Однако содержание гумуса за 10 лет активной химизации земледелия снизилось на 0,12% (3% к 2009 г.), став равным 3,96%. Показатели, характеризующие почвенный поглощающий комплекс, сохранились при этом в параметрах, свойственных данному типу почв, а именно: сумма поглощенных оснований – 23,1 ммоль/100 г почвы, емкость поглощения – 27,0-27,4 ммоль/100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями – 84,4-84,7%, рН солевой вытяжки – 5,37-5,45 единиц.

7. Для ликвидации и/или снижения карстовых депрессий в хозяйстве разработана технология, основными позициями которой являются локализация границ, укрепление ложа карстовых образований, заполнение объема карста земляным компостом на основе продуктов расчистки и углубления дна водоема, используемого в хозяйстве в качестве хранилища воды для полива картофеля.
8. Оптимальной дозой удобрений для сои, которая высевается после картофеля, выращиваемого по интенсивной минеральной системе удобрения, является $N_{85}P_{26}K_{26}$ при допосевном внесении диаммофоски в смеси с аммиачной селитрой и подкормки растений в фазе 3 листьев аммиачной селитрой в дозе N_{34} . С учетом последствия удобрений, внесенных под предшественник ($P_{30}K_{27}$), в таком случае для сои складывается оптимальное соотношение элементов питания – 1,5:1,0:1,0. На этом варианте удобрения отмечен существенный прирост растений в высоту (на 22,1 см или 36%) и формирование большего числа бобов на растении (до 11 шт./раст., что в 1,5 раза превышает их количество на контроле). Это позволяет растениям сои сформировать урожайность зерна на уровне 2,26 т/га при содержании белка в 34,9%, жира – 19,8% и оптимальном минеральном составе зерна по основным макро- и микроэлементам.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При выращивании картофеля по минеральной системе удобрения для получения урожая сортов картофеля немецкой селекции – раннеспелого сорта Лабелла на уровне 41-53 т/га и среднераннего сорта Гранада на уровне 37-57 т/га – следует вносить с осени под зяблевую обработку почвы 120 кг калия в форме хлористого калия, а весной при нарезке гребней – 120 кг азота и по 156 кг фосфора и калия в расчете на 1 га в форме аммиачной селитры (2 ц/га) и диаммофоски (6 ц/га).

Обязательным при этом являются предпосадочная обработка клубней микробиологическим препаратом Экстрасол (4,5 л/т клубней); применение комплекса защитных мероприятий (инсектофунгицид Селест Топ – 0,4 л/га; гербицид Зенкор Ультра – 1,0 л/га; фунгициды Консенто – 2 л/га, Акробат – 2 кг/га, Ревус Топ – 0,6 л/га и Зуммер – 0,4 л/га; десикант Реглон Форте – 2 л/га), а также использование жидких органо-минеральных удобрений для внекорневой подкормки вегетирующих растений: Изабион (2,5 л/га в фазу бутонизации, через 20-25 дней после всходов) и Агрис Фосфор (в фазу максимального прироста клубней, перед началом отмирания ботвы, примерно через 70-75 дней после посадки, в дозе 4 л/га).

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Титова В.И., Ветчинников А.А. **Чудоквасов А.А.**, Гордеев В.М. Технология наращивания плодородного слоя почвы на площадях, подверженных проявлению карста / Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12 (54), часть 1. – С. 147-151.
2. Титова В.И., **Чудоквасов А.А.** Влияние удобрений на продуктивность сои в Нижегородской области / Агрехимия. – 2017. – №6. – С. 39-44.
3. Титова В.И., **Чудоквасов А.А.** Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля / Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 6. – С. 9-12.
DOI: 10.31857/S250026270001824-1
4. Titova V.I. **Chudokvasoff A.A.** The influence of fertilizers and a complex of protection measures on crop capacity and quality of potato tubers of different varieties / Russian agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 45. – № 1. – pp. 16-20.
DOI: 10.3103/S1068367419010166

Публикации в других изданиях:

5. Титова В.И., **Чудоквасов А.А.**, Ветчинников А.А. Динамика агрохимических свойств и оценка устойчивости почв ООО «Латкин» к антропогенезу в процессе сельскохозяйственного использования / Вестник НГСХА. – 2017. – № 1 (13). – С. 4-10.
6. **Чудоквасов А.А.**, Титова В.И., Скрябина Д.В. Изучение возможности использования расчетных доз и сочетаний минеральных удобрений под сою в условиях вегетационного опыта / Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроэкосистемах / Сб. научн. тр. по матер. международ. научно-практ. конф., приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставрополь: СтГАУ, 2018. – С. 121-124.

Подписано в печать _____ Формат

Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. п.л. 1,0

Заказ _____ Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии _____